TUGAS AKHIR – SM141501

OPTIMISASI ROBUST UNTUK MASALAH PENGENDALIAN BIAYA PERSEDIAAN PRODUK SANDAL

BA'TSA AULIA QURROTA A'YUN
NRP 1213 100 040

Dosen Pembimbing
1. Drs. Suhud Wahyudi, M.Si
2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si

DEPARTEMEN MATEMATIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

FINAL PROJECT – SM141501

ROBUST OPTIMIZATION IN CONTROLLING COSTS PRODUCT STOCKS OF SLIPPERS CASE

BA'TSA AULIA QURROTA A'YUN
NRP 1213 100 040

Supervisors
1. Drs. Suhud Wahyudi, M.Si
2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si

DEPARTMEN OF MATHEMATICS
Faculty of Mathematics and Naturan Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMISASI ROBUST UNTUK MASALAH PENGENDALIAN BIAYA PERSEDIAAN PRODUK SANDAL

ROBUST OPTIMIZATION IN CONTROLLING COSTS PRODUCT STOCKS OF SLIPPERS CASE

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Pada bidang studi Matematika Terapan
Program Studi S-1 Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:
BA'TSA AULIA QURROTA A'YUN
NRP.1213 100 040

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,	Dosen Pembimbing I,
Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si	Drs. Suhud Wahyudi, M.Si
NIP. 19600527 198701 1 001	NIP. 19600109 198701 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Matematika
FMIPA ITS

Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT
NIP. 19700831 199403 1 003
Surabaya, Juli 2017

OPTIMISASI ROBUST UNTUK MASALAH PENGENDALIAN BIAYA PERSEDIAAN PRODUK SANDAL

Nama	**: Ba'tsa Aulia Qurrota A'yun**
NRP	**: 1213 100 040**
Departemen	**: Matematika**
Dosen Pembimbing	**: 1. Drs. Suhud Wahyudi, M.Si**
	2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si

ABSTRAK

Persediaan merupakan bagian utama dalam kegiatan perusahaan yang dapat berdampak buruk jika tidak dikelola dengan baik. Pengendalian Persediaan harus direncanakan serta dikendalikan secara efektif dan efisien. Masalah umum dalam pengendalian persediaan biasanya terjadi dikarenakan terdapat parameter yang mengandung ketidakpastian data seperti permintaan produk yang tidak pasti. Optimisasi *robust* merupakan model optimisasi yang mengandung data ketidakpastian (*uncertainty)* untuk memperoleh solusi yang tepat dengan menggunakan penyelesaian secara *Linear Programming*. Model ini diterapkan pada data permintaan produk sandal yang tidak pasti di PT. XYZ. Metode optimisasi Robust ini menghasilkan biaya persediaan total selama 1 tahun sebesar Rp. 3.220.730.093 yang lebih kecil daripada biaya persediaan PT. XYZ yaitu sebesar Rp. 3.660.693.904

Kata kunci: Pengendalian persediaan, Optimisasi Robust, Ketidakpastian data

ROBUST OPTIMIZATION IN CONTROLLING COSTS PRODUCT STOCKS OF SLIPPERS CASE

Name	***: Ba'tsa Aulia Qurrota A'yun***
NRP	***: 1213 100 040***
Department	***: Mathematics***
Supervisor	***: 1. Drs. Suhud Wahyudi, M.Si***
	2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si

ABSTRACT

Supply is a main part in the company activities that has a bad impact if not managed properly. Supply control must be planned and controlled effectively and efficiently. Common problems of the supply control usually occurs because there are parameters that contain data uncertainty such as unknown product demand. Robust optimization is a optimization model containing data uncertainty to obtain the right solution using Linear Programming. This model is applied to the uncertain data of slippers products demand PT. XYZ. This Robust optimization method produces total inventory cost of Rp. 3.220.730.093 for a year which is less than the inventory cost of PT. XYZ that is Rp. 3.660.693.904

Keywords : Inventory control, Robust Optimization, Uncertainty of data

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillaahirobbil'aalamiin, segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang memiliki apa yang ada di langit dan di bumi dan yang telah memberikan limpahan rahmat, petunjuk serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul

"OPTIMISASI ROBUST UNTUK MASALAH PENGENDALIAN BIAYA PERSEDIAAN PRODUK SANDAL"

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Departemen Matematika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Suatu kebahagiaan dan kewajiban bagi penulis untuk menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung atas terselesainya Tugas Akhir:

1. Bapak Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT selaku kepala Departemen Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bapak Drs. Suhud Wahyudi, M.Si dan Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si selaku dosen pembimbing atas segala arahan, dukungan, dan motivasinya kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan

3. Ibu Dian Winda Setyawati, S.Si, M.Si, Bapak Drs. Sadjidon, M.Si, dan Ibu Dra. Nur Asiyah, M.Si selaku dosen penguji yang memberikan saran terhadap Tugas Akhir ini
4. Bapak Drs. Lukman Hanafi, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat dan arahan selama penulis menempuh perkuliahan di Departemen Matematika ITS
5. Bapak dan Ibu dosen, seluruh staf Tata Usaha, dan asisten laboratorium Departemen Matematika ITS
6. Ayah, Mama, Mas Alif, Mbak Ois, Adik Tsalatsa serta keluarga besar penulis atas doa dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis
7. Mbak Merlin, kakak tingkat penulis yang selalu mau membantu ketika penulis kesulitan
8. Para sahabat penulis, Nastitie, Frikha, Mimi, Tara, Putri, Upika, Vina, Fauzia yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
9. Iim, Wawan, Ardi, Diul, dan teman-teman Matematika ITS 2013 yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis
10. Teman curhat dan teman makan penulis, Wahyuni dan Dian yang selalu memberikan semangat
11. Keluarga HIMATIKA ITS khususnya Departemen Hubungan Luar periode 2014/2015, *External Affair* periode 2015/2016 atas kerjasamanya untuk membangun Himatika ITS
12. Mbak Sekar, seorang teman penulis dari Jurusan teknik Industri ITS yang turut serta membantu

penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih atas saran dan bimbingannya selama ini

13. Ocha, Intan, Lala, dan Rosanita selaku sahabat penulis sejak SMP, terimakasih karena selalu menjadi tempat bercerita penulis
14. Seluruh pihak yang telah memberikan saran, dukungan, dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penulis. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I
PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dijelaskan mengenai hal-hal yang melatarbelakangi permasalahan pada Tugas Akhir ini. Kemudian, dijabarkan dalam rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat yang bisa diambil dari penyusunan Tugas Akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Setiap perusahaan baik itu perusahaan jasa maupun perusahaan manufaktur pasti mempunyai tujuan yang sama yaitu memperoleh laba atau keuntungan. Untuk mencapai tujuan tersebut tidak mudah karena dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu pengendalian persediaan produk. Persediaan merupakan bagian utama dalam kegiatan perusahaan yang dapat berdampak buruk jika tidak dikelola dengan baik. Tanpa adanya persediaan, para pengusaha akan dihadapkan dengan resiko bahwa perusahaannya pada suatu waktu tidak dapat memenuhi kebutuhan konsumen [1]. Masalah umum dalam pengendalian persediaan bersumber dari kejadian yang dihadapi setiap saat dalam perusahaan. Kejadian-kejadian tersebut dapat terjadi pada persediaan barang yang terlalu banyak atau mungkin persediaan barang terlalu sedikit untuk memenuhi permintaan konsumen dimasa mendatang. Jika barang terlalu banyak dalam persediaan perusahaan harus menanggung biaya tambahan seperti biaya simpan. Sebaliknya jika barang terlalu sedikit akan menimbulkan kekurangan persediaan barang yang akhirnya akan merugikan perusahaan dan mengakibatkan kehilangan konsumen. Maka dari itu, persediaan perlu dikelola sebaik-baiknya. Persediaan harus direncanakan serta dikendalikan secara efektif dan efisien.

Salah satu model yang digunakan dalam pengedalian persediaan produk adalah optimisasi *robust*. Optimisasi *robust* merupakan model optimisasi dengan ketidakpastian (*uncertainty)* data untuk memperoleh solusi yang tepat. Optimisasi *Robust* membahas masalah ketidakpastian data dengan menjamin kelayakan dan optimalitas dari solusi untuk kasus terburuk dari parameter [1]. Pada permasalahan pengendalian persediaan terdapat variabel acak dalam rumusan tingkat permintaan yang dimana permintaannya berubah-ubah setiap periode waktu. Sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan persediaan dengan data permintaan tidak tentu. Salah satunya adalah memodelkan permasalahan menggunakan pemrograman stokastik dengan batasan peluang. Akan tetapi cara tersebut sulit untuk dicari jawabannya karena setiap kemungkinan output dari variabel acak harus diikutkan dalam perhitungan. Hal ini mengakibatkan apabila kemungkinan output dari variabel acak sangat besar, maka perhitungan menjadi sulit dilakukan. Oleh karena itu diajukan sebuah model untuk melakukan pendekatan dalam menyelesaikan permasalahan menggunakan optimisasi robust. Menurut Greenberg, optimasi robust sama dengan pemrograman stokastik dalam hal terdapat variabel acak modelnya, tetapi kelayakan terjadinya semua kemungkinan output diganti dengan fungsi kendala. Keutamaan penelitian ini terletak pada metode optimasi robust itu sendiri. Satu rencana disebut tangguh (robust) apabila mampu menghadapi ketidakpastian, yaitu tetap stabil meskipun beberapa parameter perencanaan berubah-ubah. Metode optimasi robust yang diajukan oleh Bertsimas dan Thiele adalah metode yang digunakan untuk menangani masalah-masalah yang berkaitan dengan ketidakpastian.

Dalam Tugas Akhir ini penulis menerapkan optimisasi robust untuk masalah pengendalian biaya persediaan produk sandal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rumusan Pendekatan Optimisasi *Robust* agar bisa menyelesaikan permasalahan pengendalian persediaan produk sandal?
2. Bagaimana hasil penerapan pendekatan optimisasi *robust* pada kasus data produk sandal?

1.3 Batasan Masalah

Batasan dalam permasalahan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menggunakan pendekatan optimisasi *robust* yang dikembangkan oleh Bertsimas dan Thiele.
2. Software yang digunakan untuk perhitungan adalah MATLAB.
3. Data yang digunakan adalah data produk sandal periode Januari 2016 - Desember 2016 pada PT. XYZ.

1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai adalah:

1. Untuk mengetahui rumusan pendekatan optimisasi *robust* terhadap permasalahan pengendalian persediaan produk.
2. Untuk mendapatkan hasil penerapan pendekatan optimisasi *robust* pada permasalahan pengendalian persediaan produk sandal.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah diperoleh informasi tambahan mengenai model optimisasi *robust* dengan ketidaktentuan parameter sehingga mencapai pengendalian produk yang optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab, yaitu:

1. BAB I PENDAHULUAN
   Bab ini berisi tentang gambaran umum dari penulisan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA
   Bab ini berisi tentang teori dasar yang mendukung dalam Tugas Akhir ini, yaitu penelitian terdahulu, penjabaran mengenai pengendalian persediaan, pengertian optimisasi, *linear progamming*, formulasi optimisasi *robust*, model pendekatan optimisasi robust pada permasalahan persediaan menggunakan *linear programming*, dan mean serta deviasi.

3. BAB III METODE PENELITIAN
   Bab ini menjelaskan tahapan-tahapan dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. BAB IV PEMBAHASAN
   Bab ini membahas tentang formulasi *Robust* Dari Masalah Optimisasi. Dari formulasi *Robust* tersebut dibentuk Model Pendekatan Optimisasi Robust pada Permasalahan Persediaan menggunakan *Linear Programming*. Selanjutnya adalah penyelesaian pengolahan data dimasukkan pada model yang sudah ada untuk menghasilkan hasil yang optimal yang perhitungannya menggunakan MATLAB.

5. BAB V PENUTUP
   Bab ini berisi kesimpulan Tugas Akhir yang diperoleh dari bab pembahasan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai penelitian terdahulu, dan dasar teori yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir. Dasar teori terdiri dari yaitu pengendalian persediaan, optimisasi, *linier programming*, formulasi optimisasi *Robust*, dan Model Pendekatan Optimisasi Robust pada Permasalahan Persediaan menggunakan *Linear Programming*.

2.1 Penelitian Terdahulu

Pengendalian persediaan produk merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dari tujuan suatu perusahaan yaitu memperoleh laba atau keuntungan. Dalam Tugas Akhir ini penulis merujuk pada beberapa penelitian terdahulu yang sesuai dengan topik yang diambil. Rujukan yang pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Arief Wibisono (2009) dengan judul "Penerapan Analisis ABC Dalam Pengendalian Persediaan Produk Furniture Pada Java Furniture, Wonosari, Klaten". Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan Java Furniture memperlakukan semua jenis meubel sama bobotnya sehingga Java Furniture tidak menerapkan Analisis ABC untuk kebijakan pengelompokan meubel dengan alasan pengendalian persedian pada Java Furniture setiap item selalu ada dalam jumlah besar. Biaya penyimpanan setiap meubel di Java Furniture dapat dikatakan memerlukan biaya yang besar karena sering terjadi kerusakan dalam penyimpanannya [2].

Lalu pada penelitian yang dilakukan Max O. Siwi dengan judul “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Metode EOQ Pada Produk Obat Anti Nyamuk Bakar Manguni” diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan metode *Economic Order Quality (EOQ)* lebih hemat dibandingkan dengan hasil perhitungan total biaya persediaan yang dilakukan oleh perusahaan. Dengan EOQ maka perusahaan bisa mengetahui berapa kilogram bahan baku yang paling ekonomis yang harus dipesan pada saat melakukan pesanan sehingga perusahaan tidak akan mengalami kelebihan ataupun kekurangan persediaan bahan baku, yang berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan modal kerja [3].

Sedangkan pada tahun 2009, Alim Mufadhol Sani menulis Tugas Akhirnya dengan judul “Implementasi Perencanaan Multi-Site Production dengan Metode Robust Optimization pada Lingkungan yang Tidak Pasti” diperoleh hasil bahwa penambahan batasan pada model tersebut tidak memperkecil biaya yang akan dikeluarkan oleh perusahaan, bahkan kecenderungannya akan lebih memperbesar. Tetapi hal ini sangat relevan karena batasan tersebut akan membatasi inventory disuatu pabrik yang merupakan kelebihan dari proses produksi ditambahkan dengan kelebihan inventory pada periode sebelumnya pada pabrik yang sama [4].

2.2 Pengendalian Persediaan

Pengendalian merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjamin agar kegiatan produksi dan operasi sesuai dengan yang direncanakan, dan jika terjadi penyimpangan tersebut dapat dilakukan koreksi agar yang direncanakan dapat tercapai [5]. Pengendalian jumlah barang yang diproduksi dapat dilakukan melalui pengendalian sediaan, sedangkan pengendalian desain serta kualitas dilakukan melalui pengendalian mutu, dan pengendalian biaya produksi dilakukan melalui pengendalian biaya.

Persediaan bahan baku adalah bahan atau barang yang disimpan yang akan digunakan untuk memenuhi tujuan tertentu, misalnya untuk digunakan dalam proses produksi atau perakitan, untuk dijual kembali, atau untuk suku cadang dari suatu peralatan atau mesin. Berdasarkan definisi tersebut persediaan merupakan material yang dapat berupa barang mentah, barang setengah jadi, atau barang jadi yang dikelola dan digunakan guna mendukung proses produksi [6].

Pengendalian persediaan perlu diperhatikan karena berkaitan dengan biaya yang harus ditanggung perusahaan sebagai akibat adanya persediaan. Oleh sebab itu, persediaan yang ada harus seimbang dengan kebutuhan, karena persediaan yang terlalu banyak akan mengakibatkan perusahaan menanggung biaya penyimpanan yang tinggi. Tetapi jika terjadi kekurangan persediaan akan berakibat terganggunya kelancaran dalam proses produksi. Karena itu diharapkan keseimbangan dalam pengadaan persediaan sehingga biaya dapat ditekan seminimal mungkin dan dapat memperlancar jalannya proses produksi.

Besar kecilnya persediaan yang dimiliki sangat tergantung pada kebijakan perusahaan, dan hal ini ditentukan dengan pertimbangan tertentu, salah satunya adalah faktor biaya. Biaya yang harus diperhitungkan adalah biaya mulai dari pemesanan sampai barang tersebut masuk ke dalam proses produksi dan kembali ke gudang sebagai barang jadi. Oleh karena itu, biaya persediaan dapat dibedakan menjadi [6]:

1. Biaya Pembelian (*Purchase Cost)*

   Biaya pembelian adalah harga per unit apabila item dibeli dari luar, atau biaya produksi per unit apabila diproduksi dalam perusahaan. Biaya per unit akan selalu menjadi bagian dari biaya item dalam persediaan atau dapat dikatakan pula bahwa biaya pembelian adalah semua biaya yang digunakan untuk membeli bahan baku.
2. Biaya Pemesanan *(Order Cost)*

   Biaya pemesanan adalah biaya yang berasal dari pembelian pesanan dari supplier. Biaya ini diasumsikan tidak akan berubah secara langsung dengan jumlah pemesanan. Biaya pemesanan dapat berupa semua biaya yang mencangkup dari persediaan, formulir, administrasi, dan seterusnya yang mencangkup mengenai proses pemesanan.
3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost/Shortage Cost)*

   Biaya penyimpanan merupakan biaya yang terkait dengan penyimpanan dalam kurun waktu tertentu. Biaya penyimpanan juga menyangkut mengenai barang usang di gudang, atau biaya yang terkait mengenai penyimpanan. Biaya-biaya terkait penyimpanan antara lain biaya perumahan (sewa atau depresiasi gedung, pajak, dan asuransi) biaya penanganan bahan mentah (sewa atau depresiasi peralatan dan daya), biaya tenaga kerja (penerimaan, pergudangan, keamanan), biaya investasi (biaya peminjaman, pajak, dan asuransi pada persediaan), biaya penyerobotan, sisa, dan barang usang (semakin tinggi jika produk yang dihasilkan cepat berubah, sepert komputer atau handphone).

4. Biaya Kekurangan (*Stockout Cost)*
   Biaya kekurangan adalah konsekuensi ekonomi atas kekurangan dari luar maupun dari dalam perusahaan. Kekurangan dari luar terjadi apabila pesanan konsumen tidak dapat dipenuhi. Sedangkan kekurangan dari dalam terjadi apabila departemen tidak memenuhi kebutuhan departemen yang lain. Biaya ini dapat pula dikatakan sebagai biaya yang ditimbulkan sebagai akibat terjadinya persediaan yang lebih kecil dari jumlah yang diperlukan atau biaya yang timbul apabila persediaan di gudang tidak dapat mencukupi permintaan bahan.

2.3 Optimisasi

Optimisasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Hasil optimum yang didapatkan berdasarkan permasalahan yang sudah diubah ke model matematika. Dapat juga berarti bahwa optimisasi merupakan proses untuk mencapai kondisi maksimum atau minimum dari model matematika tersebut. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah optimisasi dapat dilakukan dengan *linear programming, non-linear programming, integer programming,* dan *dynamic programming* [1].

Dengan ketidapastian suatu parameter maka diperlukan proses optimisasi yang *robust* (tahan). Hal ini bergantung pada analisa kasus terburuk yang terjadi pada suatu proses tersebut. Solusinya adalah perhitungan menggunakan realisasi ketidakpastian parameter yang paling merugikan [7].

2.4 *Linear Programming*

Linear Programming digunakan untuk mengalokasikan sumber daya yang terbatas agar mencapai hasil yang optimal. *Linear Programming* mempunyai empat sifat umum yaitu [8]:

1. Masalah mengarah kepada meminimalkan atau memaksimalkan tujuan agar mencapai hasil yang *optimal.* Sifat umum ini disebut sebagai fungsi utama dari *linear programming*.
2. Terdapat kendala yang membatasi tingkat sampai dimana tujuan dapat dicapai. Oleh karena itu tujuan meminimalkan atau memaksimalkan tergantung dari sumber daya yang tersedia.
3. Harus ada beberapa alternatif penyelesaian. Hal ini berarti jika tidak ada alternatif yang dapat diambil, maka *linear programming* tidak diperlukan.
4. Tujuan dan kendala dalam *linear programming* harus dinyatakan dengan persamaan *linear*.

Bentuk umum *Linear Programming* adalah [9]:

Optimumkan

$$Z = \sum_{j=1}^{n} C_j x_j \tag{2.1}$$

dengan kendala,

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij}x_j \{\leq, =, \geq\} b_i \tag{2.2}$$

$$x_j \geq 0 \tag{2.3}$$

dengan:

Z : nilai fungsi tujuan

C_j : nilai per unit kegiatan, untuk memaksimalkan ditunjukkan dengan keuntungan yang diperoleh per unit per kegiatan sementara untuk meminimalkan ditunjukkan dengan biaya yang dikeluarkan per unit per kegiatan

x_j : banyaknya kegiatan j, dengan $j = 1,2,3, \cdots, n$

a_{ij} : banyaknya sumber daya i yang dikonsumsi kegiatan j

b_i : jumlah sumber daya i

Mixed-Integer Programming merupakan pengembangan dari *Linear Programming* dimana beberapa variabel keputusannya harus berupa integer. *Mixed-Integer Programming* hanya beberapa variabel keputusannya yang berupa integer. Bentuk umumnya sama dengan Persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3) dengan x_j bernilai integer untuk beberapa j.

2.5 Formulasi Optimisasi *Robust*

Pendekatan optimisasi *robust* dengan metode yang dikembangkan oleh Bertsimas dan Sim [1] untuk permasalahan pemrograman linier dengan data yang tidak pasti adalah sebagai berikut:

minimumkan $c'x$

dengan kendala

$$Ax \leq b, \tag{2.4}$$

$$l \leq x \leq u$$

dengan

c, l, u : n-vektor

A : matriks m x n

b : m-vektor

2.6 Model Pendekatan Optimisasi Robust pada Permasalahan Persediaan menggunakan *Linear Programming*

Menurut Bertsimas dan Thiele [1] permasalahan persediaan dapat dituliskan dengan *mixed integer programming* dengan persamaan:

minimumkan

$$\sum_{k=0}^{t-1} (cu_k + Kv_k + y_k)$$

dengan kendala

$$y_k \geq h\left(x_0 + \sum_{i=0}^{k}(u_i - d_i)\right), \qquad k = 0, \cdots, t-1$$

$$y_k \geq -p\left(x_0 + \sum_{i=0}^{k}(u_i - d_i)\right), \qquad k = 0, \cdots, t-1$$

$$0 \leq u_k \leq Mv_k, \;\; v_k \epsilon \{0,1\}, \qquad k = 0, \cdots, t-1$$

dengan :

c : biaya pembelian barang

u_k : pemesanan saat periode-k

K : biaya pengadaan/pemesanan barang

v_k : variabel biner 0 atau 1 (jika nilai K bersifat pasti maka $v_k = 1$, jika nilai K bersifat tidak pasti maka $v_k = 0$)
y_k : total biaya persediaan saat periode-k
h : biaya penyimpanan
x_0 : stok yang ada saat periode awal
u_i : stok yang dipesan saat periode-i
d_i : permintaan produk saat periode-i
p : biaya kekurangan
M : Bilangan positif yang sangat besar

Permasalahan *robust* adalah permasalahan *linear programming* jika tidak ada biaya tetap ($K = 0$) dan permasalahan *mixed-integer programming* jika biaya tetap diberikan ($K > 0$).

2.6.1 Model dengan kapasitas pemesanan

Perluasan dari model *robust* untuk kapasitas pemesanan hanya dapat dipesan dengan nilai maksimal d, maka diberikan tambahan kendala sebagai berikut:

$$u_k \leq d, \ \forall k \tag{2.5}$$

2.6.2 Model dengan kapasitas persediaan

Perluasan dari model *robust* diasumsikan bahwa persediaan hanya dapat disimpan dengan nilai maksimal G, maka diberikan tambahan kendala sebagai berikut:

$$x_0 + \sum_{i=0}^{k} (u_i - d_i) \leq G \tag{2.6}$$

dengan $d_i = \bar{d}_i + \hat{d}_i . z_i$

2.7 Mean dan Deviasi

Mean adalah jumlah seluruh data dibagi dengan banyaknya data. Dengan kata lain, jika memiliki N data, maka mean data tersebut dapat dituliskan sebagai berikut [10]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N}$$

dengan $\bar{x}$ = rata-rata (mean)

$\sum_{i=1}^{N} x_i$ = jumlah data

N = banyaknya data

Sedangkan Standar deviasi adalah nilai statistik yang digunakan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, dan seberapa dekat titik data individu ke mean. Sebuah nilai deviasi yang lebih besar akan memberikan makna bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata.

BAB III
METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan pendekatan optimisasi *robust* pada permasalahan pengendalian persediaan produk sandal. Untuk mendapatkan hasil tersebut, dibutuhkan langkah-langkah yang terurut dan sistematis. Berikut adalah tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir ini:

1. Studi Literatur

Pada tahap studi pendahuluan yang dilakukan adalah identifikasi masalah. Kemudian mencari materi atau sumber pendukung dari permasalahan yang diambil yaitu tentang pengendalian persediaan produk baik dari jurnal ilmiah, buku, artikel, kliping, dan lain sebagainya. Bahan-bahan yang harus dikaji antara lain mengenai pengendalian persediaan pendekatan optimisasi *robust*, *linear programming*, *mixed-integer programming*.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari PT XYZ pada bulan Januari 2016 sampai Desember 2016. Data tersebut meliputi data permintaan produk sadal, data biaya pembelian, data biaya pengadaan, data biaya penyimpanan, dan data biaya kekurangan.

3. Pendekatan Optimisasi Robust

Pada tahap ini dilakukan model awal pendekatan optimisasi *robust* pada suatu ketidakpastian parameter yaitu tidak pastinya permintaan produk. Pertama-pertama membentuk model permintaan pada periode selanjutnya (x_{k+1}). Lalu membuat model dari fungsi biaya. Fungsi biaya terdiri dari dua bagian yaitu biaya pembelian dan biaya penyimpanan atau kekurangan.

Berdasarkan memodelkan permintaan dan fungsi biaya penyimpanan/kekurangan, bisa dituliskan sebagai permasalahan persediaan *mixed-integer programming*. Karena pada kasus ini ada ketidakpastian permintaan sehingga harus memaksimumkan *scaled deviation* beberapa kendala pada biaya penyimpanan/kekurangan dan sebagai hasilnya metode *Robust* adalah kemungkinan terburuk yang terjadi.

4. Model Permasalahan Pengendalian Persediaan

Model awal yang sudah dibentuk pada tahap sebelumnya, diaplikasikan pada permasalahan pengendalian persediaan yang ditambah oleh kapasitas pemesanan dan kapasitas persediaan. Karena adanya ketidakpastian data, maka diberikan *scaled deviation* untuk suatu kasus terburuk. Sehingga didapatkan model pendekatan optimisasi *Robust* pada Permasalahan Persediaan dengan menggunakan *Linear Programming*.

5. Pengolahan Data

Tahap ini dilakukan penerapan model pendekatan optimisasi *Robust* untuk mencari total biaya persediaan dengan ketidaktentuan permintaan.

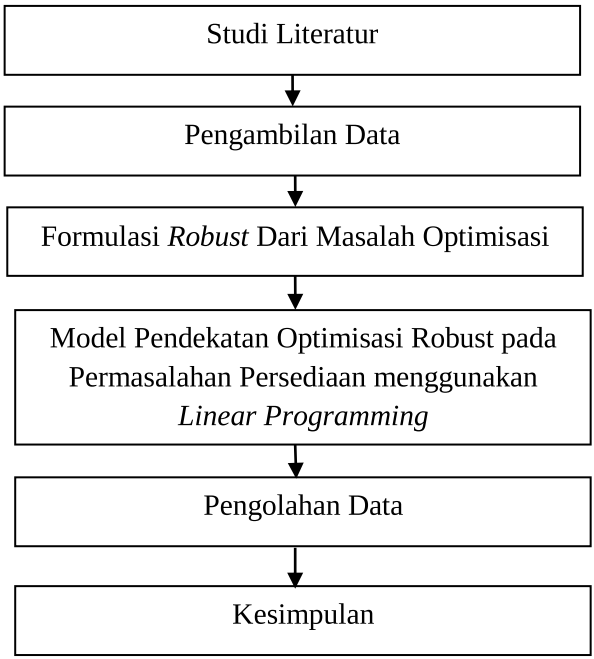
6. Penarikan Kesimpulan dan Pemberian Saran

Tahap terakhir dari tugas akhir ini adalah penarikan kesimpulan dari hasil pembahasan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya sekaligus pemberian saran guna perbaikan dan pengembangan atas penelitian ini.

7. Penulisan Tugas Akhir

Yang terakhir adalah penulisan Tugas Akhir yang meliputi hasil mengenai permasalahan yang dibahas dalam bentuk laporan Tugas Akhir.

Langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan menjelaskan implementasi model Robust pada kasus pengendalian persediaan produk yang ada pada permasalahan ini dan perhitungan dengan menggunakan software MATLAB.

4.1 Pengambilan Data

Data yang digunakan adalah data pada pabrik sandal periode Januari 2016 sampai Desember 2016 yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

Tabel 4.1 Data permintaan produk sandal

Bulan	k	d_k
Januari	0	42148
Februari	1	23880
Maret	2	30400
April	3	26240
Mei	4	28992
Juni	5	23244
Juli	6	25000
Agustus	7	28500
September	8	23212
Oktober	9	31200
Nopember	10	30400
Desember	11	28800

Dengan $k =$ periode dan $d_k =$ permintaan produk pada periode ke-k. Selanjutnya, diberikan rincian biaya persediaan yang dapat dilihat sebagai berikut:

1. Biaya pembelian *(c)*: Rp 21.401/pasang

2. Biaya pengadaan *(K)*: Rp 349.500/tahun
3. Biaya penyimpanan (h): Rp 823,529/pasang/tahun
4. Biaya kekurangan (p): Rp 6.282,627/pasang/tahun

4.2 Model Pendekatan Optimisasi Robust pada Permasalahan Persediaan

Menurut Bartsekas [1], persediaan yang dipesan pada awal periode ke-k dikirim pada periode ke-k juga sebelum memasuki awal periode ke-$(k+1)$, sehingga semua pesanan mempunyai waktu tempuh *(lead time)* yang sama dengan 0. Permintaan pada periode selanjutnya (x_{k+1}) dapat dituliskan oleh persamaan sebagai berikut:

$$(x_{k+1}) = x_k + u_k - d_k, \qquad k = 0, 1, \cdots, T-1 \qquad (4.1)$$

dengan

x_k : persediaan yang tersedia pada awal periode ke-k
u_k : pemesanan saat periode-k
d_k : permintaan selama periode ke-k

Misal:

1. Untuk $k = 0$, maka
   $(x_{k+1}) = x_k + u_k - d_k$
   $x_1 = x_0 + u_0 - d_0$
2. Untuk $k = 1$, maka
   $(x_{k+1}) = x_k + u_k - d_k$
   $x_2 = x_1 + u_1 - d_1$
   $x_2 = x_0 + u_0 - d_0 + u_1 - d_1$
3. Untuk $k = 2$, maka

$$(x_{k+1}) = x_k + u_k - d_k$$
$$x_3 = x_2 + u_2 - d_2$$
$$x_3 = x_0 + u_0 - d_0 + u_1 - d_1 + u_2 - d_2$$
$$x_3 = x_0 + (u_0 - d_0) + (u_1 - d_1) + (u_2 - d_2)$$
$$x_3 = x_0 + \sum_{k=0}^{2}(u_k - d_k)$$

4. Untuk $k = T - 1$, maka
$$(x_{k+1}) = x_k + u_k - d_k$$
$$x_T = x_{T-1} + u_{T-1} - d_{T-1}$$
$$x_T = x_0 + (u_0 - d_0) + (u_1 - d_1) + \cdots + (u_{T-1} - d_{T-1})$$
$$x_T = x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - d_k)$$

Pada Persamaan (4.1) dapat dituliskan menjadi

$$x_{k+1} = x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - d_k), \quad k = 0, 1, \cdots, T - 1 \tag{4.2}$$

Permasalahan pada tugas akhir ini adalah ketidakpastian jumlah permintaan produk pada sandal (d_k). Didefinisikan *scaled deviation* dari d_k yaitu

$$z_k = \frac{\left(d_k - \bar{d}_k\right)}{\hat{d}_k}$$

Dengan:

z_k = *scaled deviation*

$\bar{d}_k$ = rata-rata dari d_k

$\hat{d}_k$ = deviasi maksimum

yang mempunyai nilai $[-1,1]$. Pada kasus ini terdapat adanya ketidakpastian permintaan pada setiap periode. Sehingga ditambahkan suatu kendala

$$\sum_{k=0}^{T-1} |z_k| \leq \Gamma \qquad , k = 0, 1, \cdots, T-1 \tag{4.3}$$

Dengan Γ bernilai 1

Besarnya jumlah dari ketidakpastian itu mengesampingkan *scaled deviation* yang besar pada permintaan kumulatif, dan sebagai hasilnya metode *Robust* dapat diartikan sebagai *"reasonable worst-case"* atau kemungkinan terburuk yang terjadi.

Selanjutnya membuat model dari fungsi biaya. Fungsi biaya yang terjadi pada periode k terdiri dari 2 bagian, yaitu:

1. Biaya pembelian (c)
2. Biaya penyimpanan/kekurangan yang dihasilkan *order*, $R(x_k + u_k - d_k)$, yang dihitung pada akhir periode, setelah stok *order* yang dipesan u_k dikirim dan permintaan d_k direalisasikan.

Biaya untuk pembelian dianggap tidak ada jika tidak terjadi permintaan/pemesanan. Sehingga, biaya pembelian dapat dibentuk sebagai berikut:

$$c = \begin{cases} K + c.u & jika\, u > 0 \\ 0 & jika\, u = 0 \end{cases}$$

dengan $c > 0$ biaya variabel barang dan $K \geq 0$ biaya pengadaan barang. Jika $K > 0$, biaya pengadaan barang ada saat pemesanan terjadi. Biaya penyimpanan/kekurangan mempresentasikan $R(x_k + u_k - d_k)$.

Berdasarkan fungsi biaya penyimpanan/kekurangan dan memodelkan biaya pemesanan dapat ditulis sebagai permasalahan *mixed-integer progamming* sebagai berikut

Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{T-1} (cu_k + Kv_k + y_k)$$

dengan kendala

$$y_k \geq h\left(x_0 + \sum_{k=0}^{T-1} (u_k - d_k)\right), \tag{4.4}$$

$k = 0,1,\cdots,T-1$

$$y_k \geq -p\left(x_0 + \sum_{k=0}^{T-1} (u_k - d_k)\right), \tag{4.5}$$

$k = 0,1,\cdots,T-1$

$0 \leq u_k \leq Mv_k, \;\; v_k \in \{0,1\},$
$k = 0,1,\cdots,T-1$
Dimana $d_k = \bar{d}_k + \hat{d}_k . z_k$

Data ketidakpastian saat ini hanya berpengaruh pada Persamaan (4.4) dan (4.5) pada permasalahan *mixed-integer progamming*. Diberikan persamaan stok yang tersedia pada periode $k+1$ adalah sebagai berikut:

$$x_{k+1} = \bar{x}_{k+1} - \sum_{k=0}^{T-1} \hat{d}_k z_k \tag{4.6}$$

Dengan $\bar{x}_{k+1}$ adalah stok yang dipunya. Substisusikan Persamaan (4.2) ke Persamaan (4.6), didapatkan sebagai berikut:

$$\bar{x}_{k+1} = x_0 + \sum_{k=0}^{T-1} (u_k - \bar{d}_k) \tag{4.7}$$

untuk semua k. Pada kasus terburuk ini ada pada biaya dengan ketidakpastian data, maka harus memaksimumkan *scaled deviation* beberapa kendala dari setiap k biaya penyimpanan atau biaya kekurangan yang dinyatakan dalam fungsi persamaan berikut:

maksimumkan

$$\sum_{k=0}^{T-1} \hat{d}_k z_k \tag{4.8}$$

dengan kendala

$$\sum_{k=0}^{T-1} z_k \leq \Gamma \tag{4.9}$$

$$0 \leq z_k \leq 1 \quad \forall k, \tag{4.10}$$

Masukkan kembali pada Persamaan (4.4) dan (4.5), dihasilkan formulasi *robust* untuk permasalahan persediaan:

minimumkan

$$\sum_{k=0}^{T-1} (cu_k + Kv_k + y_k)$$

dengan kendala

$$y_k \geq h\left(x_0 + \sum_{k=0}^{T-1} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k \right)$$

$$k = 0, \cdots, T-1$$

$$y_k \geq p\left(-x_0 - \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k\right)$$

$$k = 0, \cdots, T-1$$

$$q_k + r_k \geq \hat{d}_k, \forall k$$

$$q_k \geq 0, r_k \geq 0, \forall k$$

$$0 \leq u_k \leq Mv_k, \quad v_k \in \{0,1\}, k = 0, \cdots, T-1$$

dimana M adalah bilangan positif yang sangat besar. Variabel q_k dan r_k untuk mengukur sensitivitas biaya untuk perubahan yang sangat kecil di parameter utama dari pendekatan *robust*. Pada setiap periode-k, $q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k$ mewakili deviasi suatu kasus terburuk pada permintaan kumulatif dari nilai tersebut dan batasan untuk besaran dari ketidakpastian. Pada kasus ini jumlah produk yang dapat di produksi setap bulan terbatas dan kapasitas gudang juga terbatas, sehingga diberikan kendala tambahan seperti pada Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.6) yaitu:

$$u_k \leq d, \qquad \forall k$$

$$x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - d_k) \leq G \tag{4.11}$$

dengan d adalah jumlah produk yang dapat dihasilkan perbulannya dan G adalah kapasitas gudang untuk menyimpan persediaan produk. Memperhitungkan efek dari ketidakpastian data, seperti pada Persamaan (4.6)-(4.7) maka Persamaan (4.11) diberikan deviasi suatu kasus terburuk menjadi:

$$x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k \leq G$$

Sehingga, didapatkan model permasalahan persediaan menggunakan pendekatan optimisasi *robust* adalah sebagai berikut:

minimumkan

$$\sum_{k=0}^{T-1}(cu_k + Kv_k + y_k) \tag{4.12}$$

dengan kendala

$$y_k \geq h\left(x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}\left(u_k - \bar{d}_k\right) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k\right), \tag{4.13}$$

$k = 0,1,\cdots,T-1$

$$y_k \geq p\left(-x_0 - \sum_{k=0}^{T-1}\left(u_k - \bar{d}_k\right) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k\right), \tag{4.14}$$

$k = 0,1,\cdots,T-1$

$$q_k + r_k \geq \hat{d}_k, \forall k \tag{4.15}$$

$$u_k \leq d, \qquad \forall k \tag{4.16}$$

$$x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k \le G \quad (4.17)$$

$$q_k \ge 0, r_k \ge 0, \forall k \quad (4.18)$$

$$0 \le u_k \le Mv_k, \quad v_k \in \{0,1\}, \; k = 0,1,\cdots,T-1 \quad (4.19)$$

4.3 Pengolahan Data

Setelah didapatkan model yang sudah terbentuk, dilakukan pengolahan data pada data produk sandal.

1. Menghitung Nilai z_k

Pada subbab 4.1 telah diperoleh data yang diperlukan untuk penyelesaian permasalahan persediaan. Data permintaan produk sandal di PT. XYZ bersifat tidak tentu dimana nilai $z_k = \frac{d_k - \bar{d}_k}{\hat{d}_k}$, $z_k \in [-1,1]$.

Menghitung nilai $\bar{d}$ dengan cara menjumlahkan semua data dibagi dengan banyaknya periode.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{k=0}^{11} d_k}{k+1}$$

$$\bar{d} = \frac{42148 + 23880 + \cdots + 28800}{12}$$

$$\bar{d} = \frac{342016}{12}$$

$$\bar{d} = 28501,333$$

Dengan nilai $\bar{d} = 28501,333$ selanjutnya mencari $\hat{d}_k$. Menghitung $\hat{d}_k$ dari selisih dk tiap periode dengan $\bar{d}$.

Nilai $\hat{d}_k$ pada tiap-tiap periode yang dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Pada **Tabel 4.2** didapatkan deviasi maksimum pada data periode ke-1 dengan nilai $\hat{d} = 13646{,}667$. Selanjutnya adalah mencari nilai z_k untuk tiap-tiap periode dengan $z_k = \frac{d_k - \bar{d}_k}{\hat{d}_k}$, $z_k \in [-1{,}1]$. Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.2 Nilai $\hat{d}_k$ pada setiap periode-k

k	d_k	$\hat{d}_k$
0	42148	13646,667
1	23880	-4621,333
2	30400	1898,667
3	26240	-2261,333
4	28992	490,667
5	23244	-5257,333
6	25000	-3501,333
7	28500	-1,333
8	23212	-5289,333
9	31200	2698,667
10	30400	1898,667
11	28800	298,667

Pada **Tabel 4.3** didapatkan nilai $\sum_{i=0}^{k} |z_k| = 3{,}067198$, mengingat pada Persamaan (4.3) maka nilai tersebut belum optimal. Selanjutnya dicari nilai z_k yang optimal menggunakan Persamaan (4.8) dengan kendala pada Persamaan (4.9) dan (4.10). Setelah didapatkan nilai z_k yang optimal, kemudian mencari nilai $\bar{d}_k$ pada tiap-tiap periode-k dengan $\bar{d}_k = d_k - \hat{d}_k . z_k$. Kedua nilai tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.3 Nilai z_k tiap-tiap periode

k	d_k	z_k
0	42148	1
1	23880	-0,3386
2	30400	0,1391
3	26240	-0,1657
4	28992	0,0359
5	23244	-0,3852
6	25000	-0,2565
7	28500	-0,0000977
8	23212	-0,3875
9	31200	0,1977
10	30400	0,1391
11	28800	0,0218

Tabel 4.4 Nilai z_k yang optimal dan $\bar{d}_k$

k	z_k	$\bar{d}_k$
0	0,083333	41010,7778
1	0,083333	22742,7778
2	0,083333	29262,7778
3	0,083333	25102,7778
4	0,083333	27854,7778
5	0,083333	22106,7778
6	0,083333	23862,7778
7	0,083333	27362,7778
8	0,083333	22074,7778
9	0,083333	30062,7778
10	0,083333	29262,7778
11	0,083333	27662,7778

2. Perhitungan Permasalahan Model *Mixed Integer Linear Progamming*

Agar permasalahan model *Mixed Integer Linear Progamming* dapat diselesaikan dengan perhitungan MATLAB, maka kendala pada Persamaan (4.12) sampai (4.19) perlu diubah ke Persamaan (2.4) menjadi:

Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{11}(cu_k + Kv_k + y_k) \tag{4.20}$$

dengan kendala

$$-y_k \leq -h\left(x_0 + \sum_{k=0}^{11}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{11} r_k\right) \tag{4.21}$$

$k = 0,1,\cdots,11$

$$-y_k \leq -p\left(-x_0 - \sum_{k=0}^{11}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{11} r_k\right) \tag{4.22}$$

$k = 0,1,\cdots,11$

$$-q_k - r_k \leq -\hat{d}_k \,, \forall_k \tag{4.23}$$

$$0 \leq u_k \leq Mv_k \,, v_k \in \{0,1\}, \quad k = 0,1,\cdots,11 \tag{4.24}$$

$$x_0 + \sum_{k=0}^{11}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G \tag{4.25}$$

$$u_k \leq d, \quad \forall k \tag{4.26}$$

$$q_k \geq 0 \,, r_k \geq 0, \quad \forall k \tag{4.27}$$

Karena variabel yang dicari adalah variabel y_k, u_k, v_k, q_k, r_k. Pada Persamaan (4.20) sampai (4.27) diubah lagi menjadi persamaan berikut:

Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{11}(cu_k + Kv_k + y_k)$$

Dengan kendala

$$-y_k + h\left(\sum_{k=0}^{11} u_k + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{11} r_k\right) \leq -h\left(x_0 + \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k\right),$$
$$k = 0,1,\cdots,11 \qquad (4.28)$$

$$-y_k + p(-\sum_{k=0}^{11} u_k + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{11} r_k) \leq -p\left(-x_0 - \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k\right),$$
$$k = 0,1,\cdots,11 \qquad (4.29)$$

$$-q_k - r_k \leq -\hat{d}_k, \forall k \qquad (4.30)$$

$$u_k - Mv_k \leq 0, v_k \in \{0,1\}, k = 0,1,\cdots,11 \qquad (4.31)$$

$$\sum_{k=0}^{11} u_k + q_k\Gamma_k + \sum_{i=0}^{k} r_k \leq G - x_0 + \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \qquad (4.32)$$

$$u_k \leq d, \forall k$$
$$q_k \geq 0, r_k \geq 0, \forall k$$

Formulasi optimisasi *Robust* yang dikembangkan oleh Bertsimas dan Sim pada kendala Persamaan (2.4) adalah

$Ax \leq b$. Persamaan (4.28) sampai (4.32) diubah ke formulasi optimisasi *Robust* dalam bentuk matriks dengan ruas kiri adalah matriks A dan ruas kanan adalah matriks b. Pembentukan matriks bisa dilihat pada Lampiran 2.

Dari hasil perhitungan MATLAB dengan *source code* pada Lampiran 3 total biaya persediaan yang didapatkan yaitu sebesar Rp. 3.220.730.093 dengan kendala masing-masing untuk setiap periodenya dapat dilihat pada Tabel 4.5. Hasil perhitungan ini menghasilkan lebih rendah dibandingkan perhitungan total biaya persediaan oleh PT. XYZ yaitu sebesar Rp. 3.660.693.904 dengan rincian yang ada pada Lampiran 4 untuk tiap-tiap periodenya.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Optimisasi *Robust* menggunakan MATLAB

k	u_k	q_k	r_k	v_k	y_k
0	25000	13646,667	0,00017927	1	717249828,8330
1	25000	13646,667	0,00019644	1	168408609,0162
2	25000	13646,667	0,00021654	1	359607796,5091
3	25000	13646,667	0,00024415	1	181008766,5002
4	25000	13646,667	0,00027777	1	189112657,2632
5	25000	13646,667	0,00032548	1	154227323,7382
6	25000	13646,667	0,00038757	1	170734577,1533
7	25000	13646,667	0,00005126	1	181412948,8383
8	25000	13646,667	0,00073815	1	174268205,8006
9	25000	13646,667	0,0011421	1	543454914,2705
10	25000	13646,667	0,0022642	1	199589984,8881
11	25000	5647,36	0,002350	1	181654480,9420

Setelah mendapatkan hasil perhitungan total biaya persediaan, langkah selanjutnya adalah melakukan tahap validasi. Tahap validasi dilakukan dengan cara memasukkan variabel hasil keputusan optimisasi ke dalam batasan atau kendala. Jika variabel tersebut memenuhi batasan atau kendala maka hasil perhitungan dikatakan valid. Hasil validasi dapat dilihat pada Lampiran 5 dan didapatkan bahwa setiap variabel memenuhi kendala atau batasan pada perhitungan dengan menggunakan MATLAB.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diberikan kesimpulan mengenai hasil dan pembahasan yang telah dilakukan serta berisi saran sebagai pertimbangan dalam pengembangan atau penelitian lebih lanjut.

5.1 Kesimpulan

Dengan menggunakan optimisasi *Robust* pada produk sandal PT XYZ didapatkan total biaya persediaan produk sandal sebesar Rp. 3.220.730.093 selama satu tahun. Hasil ini lebih sedikit dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan oleh PT. XYZ yaitu sebesar Rp. 3.660.693.904 selama satu tahun.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan yang telah dilakukan, formulasi pendekatan optimisasi *robust* disini masih mengasumsikan *lead time* = 0, sedangkan tidak semua produk bisa diasumsikan bahwa *lead time* = 0, maka untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan formulasi dengan *lead time* yang diperhitungkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Bertsimas, D., dan Thiele, A. (2006). “A Robust Optimization Approach to Inventory Theory”. Operation Research Journal. Vol. 54, Hal. 150-168.

[2] Wibisono, A. (2009). “Penerapan Analisis ABC Dalam Pengendalian Persediaan Produk Furniture Pada Java Furniture, Wonosari, Klaten”. Tugas Akhir, Jurusan Manajemen Industri – Fakultas Ekonomi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

[3] Siwi, O. M. (2012). “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Metode EOQ Pada Produk Obat Anti Nyamuk Bakar Manguni”. Tugas Akhir, Jurusan Admninistrasi Bisnis – Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

[4] Sani, A. M. (2009). “Implementasi Perencanaan Multi-Site Production dengan Metode Robust Optimization pada Lingkungan yang Tidak Pasti”. Tugas Akhir, Jurusan Sistem Informasi – Fakultas Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

[5] Ristono, A. (2009). “Manajemen Persediaan”. Yogyakarta:Graha Ilmu.

[6] Herjanto, E. (2007) “ Manajemen Produksi dan Operasi Edisi kedua”. Jakarta:Grasindo.

[7] Gabrel, V., Murat, C., dan Thiele, A. (2013). “Recent Advances in Robust Optimization: An Overview”. European Journal of Operational Research. Vol. 235, Hal. 471-483.

[8] Heizer, J dan Render, B. (2005). "Operations Management". Jakarta **:** Salemba Empat.

[9] Hamdy, A. T. (1992). "Operation Research : An Introduction. Third Edition. Macmillan Publishing Co". New York

[10] Sudijono, Anas (2011). "Pengantar Statistik Pendidikan". Jakarta **:** Rajagraindo Persada.

LAMPIRAN 1
Biaya-Biaya Persediaan

A. Biaya Pembelian *(Purchased Cost)*

Biaya Pembelian adalah biaya pembelian bahan untuk pembuatan produk. Untuk pembuatan sandal perpasang diperlukan bahan spon, tali jepit, sablon, dan lem. Berikut rincian harga untuk tiap pembelian bahan material:

1. Harga untuk bahan spon adalah sebesar Rp. 9.430/pasang
2. Harga untuk bahan tali jepit adalah sebesar Rp. 2.000/pasang
3. Harga untuk penyablonan adalah sebesar Rp. 9.100/pasang
4. Harga untuk bahan baku lem adalah sebesar Rp. 871/pasang

Total biaya untuk pembelian bahan perpasang sandal = Rp. 21.401/pasang.

B. Biaya Pengadaan *(Order Cost)*

1. Biaya Telepon/Komunikasi

   Menurut tarif telkom biaya penggunaan Sambungan Langsung Jarak Jauh (SLJJ) sebesar Rp 1.100/menit (bisa dilihat pada www.telkom.co.id)

   Diasumsikan untuk sekali menelepon membutuhkan 10 menit untuk melakukan setiap pemesanan dan membutuhkan 4 kali telepon. Sehingga total biaya komunikasi adalah:

   4 kali telepon x 10 menit x Rp. 1.100 = Rp. 44.000

Lampiran I (Lanjutan)

2. Biaya Administrasi

   Biaya administrasi meliputi kertas, fotokopi, 4 materai, dan print. Biaya tersebut susah ditentukan maka diasumsikan Rp. 35.000

3. Biaya Tenaga Kerja

   Staff pembelian bahan adalah 1 orang

   Biaya tenaga pembelian bahan adalah 1 orang x Rp. 3.000.000 = Rp. 3.000.000

   Biaya masa aktif kerja 20 hari adalah Rp. 3.000.000 : 20 hari = Rp. Rp. 150.000

   Waktu yang dipakai untuk melakukan pemesanan diasumsikan rata-rata 30 menit. Maka biaya tenaga kerja untuk setiap barang bahan yang dipesan. Karena barang yang dipesan ada 4 bahan, maka 30 menit x 4 = 120 menit (2 jam kerja)

   Maka biaya tenaga kerja untuk sekali melakukan pemesanan adalah Rp. 150.000 : 2 jam kerja = Rp. 75.000/jam, maka biaya tenaga kerja untuk sekali pemesanan adalah Rp. 75.000 : 2 = Rp. 37.500

   Sehingga total biaya pengadaan (Order Cost) = biaya telepon/komunikasi + biaya administrasi + biaya tenaga kerja

   = Rp. 44.000 + Rp. 35.000 + Rp 37.500 = Rp. 116.500

   Satu tahun dilakukan 3 kali pemesanan. Total biaya pengadaan dalam satu tahun adalah 3 x Rp. 116.500 = Rp. 349.500

Lampiran I (Lanjutan)

C. Biaya Penyimpanan *(Holding Cost)*

Biaya penyimpanan terdiri dari biaya tenaga kerja di gudang

1. Biaya 2 orang outsorcing gudang
   = Rp. 4.000.000 x 2 = Rp 8.000.000
2. Biaya 2 orang petugas keamanan gudang
   = Rp. 3.000.000 x 2 = Rp. 6.000.000

Total biaya tenaga kerja di gudang = 8.000.000 + 6.000.000 = Rp. 14.000.000. Untuk 1 tahun maka biaya tenaga kerja di gudang adalah Rp. 14.000.000,00 x 12 bulan = Rp 168.000.000,00 : 204.000 Sehingga biaya penyimpanan = Rp 823,529/pasang/tahun

D. Biaya Kekurangan

Biaya kekurangan persediaan atau *shortage costs* yaitu biaya yang harus dikeluarkan sebagai konsekuensi kekurangan atau kelangkaan persediaan. Mulyono (2002) menyatakan, *shortage* atau *stockout costs* tercipta jika terdapat permintaan yang tak dapat dipenuhi karena kekosongan persediaan. Biaya kekurangan persediaan ini pada dasarnya bukan biaya nyata (riil), melainkan berupa biaya kehilangan kesempatan. Dalam perusahaan manufaktur, biaya ini merupakan biaya kesempatan yang timbul misalnya karena terhentinya proses produksi sebagai akibat tidak adanya bahan yang diproses. Sangat sulit memperkirakan *shortage costs*, karena itu dilakukan perkiraan subjektif. Pada PT. XYZ ini mengestimasi keuntungan kebutuhan bahan pada tahun 2016 adalah Rp 6.282,627/pasang.

LAMPIRAN 2

Pembentukan Matriks

1. Matriks x

$$x = \begin{bmatrix} u_0 \\ \vdots \\ u_{11} \\ v_0 \\ \vdots \\ v_{11} \\ y_0 \\ \vdots \\ y_{11} \\ q_0 \\ \vdots \\ q_{11} \\ r_0 \\ \vdots \\ r_{11} \end{bmatrix}$$

2. Matriks b

$$b = \begin{bmatrix} -h\left(x_0 + \bar{d}_0\right) \\ -h\left(x_0 + \sum_{i=0}^{1} \bar{d}_i\right) \\ \vdots \\ h\left(x_0 + \sum_{i=0}^{11} \bar{d}_i\right) \\ -p\left(-x_0 - \bar{d}_0\right) \\ -p\left(-x_0 - \sum_{i=0}^{1} \bar{d}_i\right) \\ \vdots \\ -p\left(-x_0 - \sum_{i=0}^{11} \bar{d}_i\right) \\ \bar{d}_0 \\ \bar{d}_1 \\ \vdots \\ \bar{d}_{11} \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ G - x_0 + \bar{d}_0 \\ G - x_0 + \sum_{i=0}^{1} \bar{d}_i \\ \vdots \\ G - x_0 + \sum_{i=0}^{11} \bar{d}_i \end{bmatrix}$$

3. Matriks l dan u

$$l = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \qquad u = \begin{bmatrix} d \\ \vdots \\ d \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \\ inf \\ \vdots \\ inf \\ inf \\ \vdots \\ inf \\ inf \\ \vdots \\ inf \end{bmatrix}$$

Lampiran 2 (Lanjutan)

4. Matriks A

$$A = \begin{bmatrix}
h & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -1 & 0 & \cdots & 0 & h\Gamma & 0 & \cdots & 0 & h & 0 & \cdots & 0 \\
h & h & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & -1 & \cdots & 0 & 0 & h\Gamma & \cdots & 0 & h & h & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
h & h & \cdots & h & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & -1 & 0 & 0 & \cdots & h\Gamma & h & h & \cdots & h \\
-p & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -1 & 0 & \cdots & 0 & -p\Gamma & 0 & \cdots & 0 & -p & 0 & \cdots & 0 \\
-p & -p & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & -1 & \cdots & 0 & 0 & -p\Gamma & \cdots & 0 & -p & -p & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
-p & -p & \cdots & -p & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & -1 & 0 & 0 & \cdots & -p\Gamma & -p & -p & \cdots & -p \\
0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -1 & 0 & \cdots & 0 & -1 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & -1 & \cdots & 0 & 0 & -1 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & -M & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & -M & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
0 & 0 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & -M & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
1 & 1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
1 & 1 & \cdots & 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0
\end{bmatrix}$$

LAMPIRAN 3

Source Code perhitungan menggunakan MATLAB

```
clc;

format longG
%inputan data

n=12;
c=21401;
K=349500;
p=6282.627;
h=823.529;
tau=1;
M=10000000;
x0=2852;
G=100000;

d=zeros(1,n);
d_=zeros(1,n);
z=zeros(1,n);
dtopi=zeros(1,n);

%data permintaan produk sandal per periode
d(1)=42148;
d(2)=23880;
d(3)=30400;
d(4)=26240;
d(5)=28992;
d(6)=23244;
d(7)=25000;
d(8)=28500;
d(9)=23212;
d(10)=31200;
d(11)=30400;
d(12)=28800;
```

LAMPIRAN 3 (Lanjutan)

```
dbar=mean2(d);
disp('dbar')
disp(dbar)

for k=1:n
    dtopi(k)=abs(d(k)-dbar);
end
disp('maks dtopi')
disp(max(dtopi'))

for k=1:n
    z(k)=(d(k)-dbar)/max(dtopi);
end
disp('z lama')
disp(z')
Z=sum(abs(z));

if(Z>=1)
   for i=1:n
       z(i)=1/n;
   end
   disp('z baru')
   disp(z')
   for k=1:n
    d_(k)=d(k)-max(dtopi)*z(k);
   end
end
disp('dk')
disp(d_')
for i=1:n
    y_(i)=0;
end

for i=1:n

for j=1:i
```

LAMPIRAN 3 (Lanjutan)

```
        y_(i) = y_(i)+d_(j);
    end
end

%deviasi maksimum data sandal
d_g=max(dtopi);

%matriks
S1=ones(n);
S2=tril(S1); %matriks segitiga bawah
S3=eye(n); %matriks identitas
S4=zeros(n); %matriks zero

% matriks Ax=b
A=[h*S2 S4 -1*S3 h*tau*S3 h*S2;
   -p*S2 S4 -1*S3 p*tau*S3 p*S2;
   S4 S4 S4 -1*S3 -1*S3;
   S3 -M*S3 S4 S4 S4;
   S2 S4 S4 S3 S2];
b=[h*(-x0+y_(1)); h*(-x0+y_(2)); h*(-
x0+y_(3)); h*(-x0+y_(4)); h*(-x0+y_(5)); h*(-
x0+y_(6));
   h*(-x0+y_(7)); h*(-x0+y_(8)); h*(-
x0+y_(9)); h*(-x0+y_(10)); h*(-x0+y_(11));
h*(-x0+y_(12));
   p*(x0-y_(1)); p*(x0-y_(2)); p*(x0-y_(3));
p*(x0-y_(4)); p*(x0-y_(5)); p*(x0-y_(6));
   p*(x0-y_(7)); p*(x0-y_(8)); p*(x0-y_(9));
p*(x0-y_(10)); p*(x0-y_(11)); p*(x0-y_(12));
   -d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g;
-d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   G-x0+y_(1); G-x0+y_(2); G-x0+y_(3); G-
x0+y_(4); G-x0+y_(5); G-x0+y_(6)
   G-x0+y_(7); G-x0+y_(8); G-x0+y_(9); G-
x0+y_(10); G-x0+y_(11); G-x0+y_(12)];
```

LAMPIRAN 3 (Lanjutan)

```
D=[c; c; c; c; c; c; c; c; c; c; c; c;
   K; K; K; K; K; K; K; K; K; K; K; K;
   1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0];
LB=[0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0];
UB=[25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
    25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
    1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1;
    inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf;
inf; inf; inf; inf;
    25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
    25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
    inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf;
inf;
    inf; inf; inf];
[x,J,exitflag]=LINPROG(D,A,b,[],[],LB,UB);


disp('') ;
disp(' OPTIMISASI ROBUST PENGENDALIAN BIAYA
PERSEDIAAN PRODUKSI SANDAL ') ;
disp('==========================================
======================');
disp(['Jumlah (u0)= ' num2str(x(1))]);
disp(['Jumlah (u1)= ' num2str(x(2))]) ;
disp(['Jumlah (u2)= ' num2str(x(3))]) ;
disp(['Jumlah (u3)= ' num2str(x(4))]);
disp(['Jumlah (u4)= ' num2str(x(5))]) ;
disp(['Jumlah (u5)= ' num2str(x(6))]) ;
disp(['Jumlah (u6)= ' num2str(x(7))]);
disp(['Jumlah (u7)= ' num2str(x(8))]) ;
```

LAMPIRAN 3 (Lanjutan)

```
disp(['Jumlah (u8)= ' num2str(x(9))]) ;
disp(['Jumlah (u9)= ' num2str(x(10))]);
disp(['Jumlah (u10)= ' num2str(x(11))]) ;
disp(['Jumlah (u11)= ' num2str(x(12))]) ;
disp(['Jumlah (v0)= ' num2str(x(13))]) ;
disp(['Jumlah (v1)= ' num2str(x(14))]) ;
disp(['Jumlah (v2)= ' num2str(x(15))]) ;
disp(['Jumlah (v3)= ' num2str(x(16))]) ;
disp(['Jumlah (v4)= ' num2str(x(17))]) ;
disp(['Jumlah (v5)= ' num2str(x(18))]) ;
disp(['Jumlah (v6)= ' num2str(x(19))]) ;
disp(['Jumlah (v7)= ' num2str(x(20))]) ;
disp(['Jumlah (v8)= ' num2str(x(21))]) ;
disp(['Jumlah (v9)= ' num2str(x(22))]) ;
disp(['Jumlah (v10)= ' num2str(x(23))]) ;
disp(['Jumlah (v11)= ' num2str(x(24))]) ;
disp(['Jumlah (y0)= ' num2str(x(25))]) ;
disp(['Jumlah (y1)= ' num2str(x(26))]) ;
disp(['Jumlah (y2)= ' num2str(x(27))]) ;
disp(['Jumlah (y3)= ' num2str(x(28))]) ;
disp(['Jumlah (y4)= ' num2str(x(29))]) ;
disp(['Jumlah (y5)= ' num2str(x(30))]) ;
disp(['Jumlah (y6)= ' num2str(x(31))]) ;
disp(['Jumlah (y7)= ' num2str(x(32))]) ;
disp(['Jumlah (y8)= ' num2str(x(33))]) ;
disp(['Jumlah (y9)= ' num2str(x(34))]) ;
disp(['Jumlah (y10)= ' num2str(x(35))]) ;
disp(['Jumlah (y11)= ' num2str(x(36))]) ;
disp(['Jumlah (q0)= ' num2str(x(37))]) ;
disp(['Jumlah (q1)= ' num2str(x(38))]) ;
disp(['Jumlah (q2)= ' num2str(x(39))]) ;
disp(['Jumlah (q3)= ' num2str(x(40))]) ;
disp(['Jumlah (q4)= ' num2str(x(41))]) ;
disp(['Jumlah (q5)= ' num2str(x(42))]) ;
disp(['Jumlah (q6)= ' num2str(x(43))]) ;
disp(['Jumlah (q7)= ' num2str(x(44))]) ;
disp(['Jumlah (q8)= ' num2str(x(45))]) ;
```

LAMPIRAN 3 (Lanjutan)

```
disp(['Jumlah (q9)= ' num2str(x(46))]) ;
disp(['Jumlah (q10)= ' num2str(x(47))]) ;
disp(['Jumlah (q11)= ' num2str(x(48))]) ;
disp(['Jumlah (r0)= ' num2str(x(49))]) ;
disp(['Jumlah (r1)= ' num2str(x(50))]) ;
disp(['Jumlah (r2)= ' num2str(x(51))]) ;
disp(['Jumlah (r3)= ' num2str(x(52))]) ;
disp(['Jumlah (r4)= ' num2str(x(53))]) ;
disp(['Jumlah (r5)= ' num2str(x(54))]) ;
disp(['Jumlah (r6)= ' num2str(x(55))]) ;
disp(['Jumlah (r7)= ' num2str(x(56))]) ;
disp(['Jumlah (r8)= ' num2str(x(57))]) ;
disp(['Jumlah (r9)= ' num2str(x(58))]) ;
disp(['Jumlah (r10)= ' num2str(x(59))]) ;
disp(['Jumlah (r11)= ' num2str(x(60))]) ;

 jml=0;
for i=25:36
    jml=jml+x(i);
end
disp(jml)
```

LAMPIRAN 4

Source Code menggunakan GUI

```
function varargout = Guibatsa(varargin)
% GUIBATSA M-file for Guibatsa.fig
%      GUIBATSA, by itself, creates a new
GUIBATSA or raises the existing
%      singleton*.
%
%      H = GUIBATSA returns the handle to a
new GUIBATSA or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%
GUIBATSA('CALLBACK',hObject,eventData,handles
,...) calls the local
%      function named CALLBACK in GUIBATSA.M
with the given input arguments.
%
%      GUIBATSA('Property','Value',...)
creates a new GUIBATSA or raises the
%      existing singleton*.  Starting from
the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before
Guibatsa_OpeningFcn gets called.  An
%      unrecognized property name or invalid
value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to
Guibatsa_OpeningFcn via varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools
menu.  Choose "GUI allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% Last Modified by GUIDE v2.5 31-May-2017
16:54:41

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',
mfilename, ...
                   'gui_Singleton',
gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn',
@Guibatsa_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@Guibatsa_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback =
str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] =
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before Guibatsa is made
visible.
function Guibatsa_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see
OutputFcn.
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to
Guibatsa (see VARARGIN)

% Choose default command line output for
Guibatsa
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Guibatsa wait for user
response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);


% --- Outputs from this function are returned
to the command line.
function varargout =
Guibatsa_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output
args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Get default command line output from
handles structure
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
varargout{1} = handles.output;
% --- Executes on button press in
pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
clc;

format longG
%inputan data
n= str2num(get(handles.edit1,'string'));%12
c= str2num(get(handles.edit2,'string'));
K= str2num(get(handles.edit3,'string'));
p= str2num(get(handles.edit4,'string'));
h = str2num(get(handles.edit5,'string'));
tau= str2num(get(handles.edit6,'string'));
M= str2num(get(handles.edit7,'string'));
x0= str2num(get(handles.edit8,'string'));
G= str2num(get(handles.edit9,'string'));
% n=12;
% c=21401;
% K=349500;
% p=6282.627;
% h=823.529;
% tau=1;
% M=10000000;
% x0=2852;
% G=100000;

%mean data sandal per periode
d_(1)=41010.7778;
d_(2)=22742.7778;
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
d_(3)=29262.7778;
d_(4)=25102.7778;
d_(5)=27854.7778;
d_(6)=22106.7778;
d_(7)=23862.7778;
d_(8)=27362.7778;
d_(9)=22074.7778;
d_(10)=30062.7778;
d_(11)=29262.7778;
d_(12)=27662.7778;

for i=1:n
    y_(i)=0;
end

for i=1:n

for j=1:i
        y_(i) = y_(i)+d_(j);
    end
end

%deviasi maksimum data sandal
d_g=13646.667;

%matriks
S1=ones(n);
S2=tril(S1); %matriks segitiga bawah
S3=eye(n); %matriks identitas
S4=zeros(n); %matriks zero

% matriks Ax=b
A=[h*S2 S4 -1*S3 h*tau*S3 h*S2;
   -p*S2 S4 -1*S3 p*tau*S3 p*S2;
   S4 S4 S4 -1*S3 -1*S3;
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
   S3 -M*S3 S4 S4 S4;
   S2 S4 S4 S3 S2];
b=[h*(-x0+y_(1)); h*(-x0+y_(2)); h*(-
x0+y_(3)); h*(-x0+y_(4)); h*(-x0+y_(5)); h*(-
x0+y_(6));
   h*(-x0+y_(7)); h*(-x0+y_(8)); h*(-
x0+y_(9)); h*(-x0+y_(10)); h*(-x0+y_(11));
h*(-x0+y_(12));
   p*(x0-y_(1)); p*(x0-y_(2)); p*(x0-y_(3));
p*(x0-y_(4)); p*(x0-y_(5)); p*(x0-y_(6));
   p*(x0-y_(7)); p*(x0-y_(8)); p*(x0-y_(9));
p*(x0-y_(10)); p*(x0-y_(11)); p*(x0-y_(12));
   -d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g;
-d_g; -d_g; -d_g; -d_g; -d_g;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   G-x0+y_(1); G-x0+y_(2); G-x0+y_(3); G-
x0+y_(4); G-x0+y_(5); G-x0+y_(6)
   G-x0+y_(7); G-x0+y_(8); G-x0+y_(9); G-
x0+y_(10); G-x0+y_(11); G-x0+y_(12)];
D=[c; c; c; c; c; c; c; c; c; c; c; c;
   K; K; K; K; K; K; K; K; K; K; K; K;
   1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0];
LB=[0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0;
   0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0];
UB=[25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
    25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
    1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1;
    inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf;
inf; inf; inf; inf;
    25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
    25000; 25000; 25000; 25000; 25000; 25000;
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
    inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf; inf;
inf;
    inf; inf; inf];
[x,J,exitflag]=LINPROG(D,A,b,[],[],LB,UB);

i = 1:12; %indeks
u = x(i) %jumlah u
j = 13:24; %indeks
v = x(j) %jumlah v
k = 25:36;%indeks
y = x(k)%%jumlah y
l = 37:48; %indeks
q = x(l)%jumlah q
m = 49:60; %indeks
r = x(m)%jumlah r

A = [i' u v y q r]
set(handles.tabelhasil,'Data',A)



function edit1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit1 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit1 as a double
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit2 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit2 as a double
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit3_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit3 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit3 as a double
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit4_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit4 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit4 as a double
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit5_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit5 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit5 as a double
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end


% --- Executes on button press in
pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

set(handles.edit1,'string','');
set(handles.edit2,'string','');
set(handles.edit3,'string','');
set(handles.edit4,'string','');
set(handles.edit5,'string','');
set(handles.edit6,'string','');
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
set(handles.edit7,'string','');
set(handles.edit8,'string','');
set(handles.edit9,'string','');
set(handles.tabelhasil,'string','');
% --- Executes on button press in
pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
delete(handles.figure1);

function edit6_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit6 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit6 as a double


% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit7_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit7 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit7 as a double


% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
 % Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit8_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit8 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit8 as a double



% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
 % Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end



function edit9_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit9 as text
%        str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit9 as a double



% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
```

LAMPIRAN 4 (Lanjutan)

```
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white
background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

LAMPIRAN 5

Total Biaya Persediaan PT. XYZ

Bulan	k	Total Biaya Persediaan
Januari	0	Rp. 845.174.199
Februari	1	Rp. 389.143.505
Maret	2	Rp. 449.143.505
April	3	Rp. 132.072.755
Mei	4	Rp. 123.572.755
Juni	5	Rp. 88.616.505
Juli	6	Rp. 130.572.755
Agustus	7	Rp. 133.072.755
September	8	Rp. 87.516.505
Oktober	9	Rp. 709.193.505
November	10	Rp. 449.143.505
Desember	11	Rp. 123.471.655

LAMPIRAN 6
Validasi

A. Kendala atau batasan pertama yang divalidasi adalah:

$$y_k \geq h\left(x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}\left(u_k - \bar{d}_k\right) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k\right),$$
$$k = 0, \dots, T-1$$

k	y_k	$h\left(x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}\left(u_k - \bar{d}_k\right) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k\right)$
0	Rp. 168.408.609,0162	Rp. 105.302.411,4
1	Rp. 154.227.323,7382	Rp. 105.302.411,4
2	Rp. 181.008.766,5002	Rp. 105.302.411,4
3	Rp. 181.654.480,9420	Rp. 105.302.411,4
4	Rp. 199.589.984,8881	Rp. 105.302.411,4
5	Rp. 181.412.948,8383	Rp. 105.302.411,4
6	Rp. 174.268.205,8006	Rp. 105.302.411,4
7	Rp. 189.112.657,2632	Rp. 105.302.411,4
8	Rp. 170.734.577,1533	Rp. 105.302.411,4
9	Rp. 359.607.796,5091	Rp. 105.302.411,4
10	Rp. 543.454.914,2705	Rp. 105.302.411,4
11	Rp. 717.249.828,8330	Rp. 98.714.750,39

LAMPIRAN 6 (Lanjutan)

B. Kendala atau batasan kedua yang divalidasi adalah:

$$y_k \geq p\left(-x_0 - \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k\right),$$

$k = 0, \dots, T-1$

k	y_k	$p\left(-x_0 - \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k\right)$
0	Rp. 168.408.609,0162	-531.355.182,5
1	Rp. 154.227.323,7382	-531.355.182,5
2	Rp. 181.008.766,5002	-531.355.182,5
3	Rp. 181.654.480,9420	-531.355.182,5
4	Rp. 199.589.984,8881	-531.355.182,5
5	Rp. 181.412.948,8383	-531.355.182,5
6	Rp. 174.268.205,8006	-531.355.182,5
7	Rp. 189.112.657,2632	-531.355.182,5
8	Rp. 170.734.577,1533	-531.355.182,5
9	Rp. 359.607.796,5091	-531.355.182,5
10	Rp. 543.454.914,2705	-531.355.182,5
11	Rp. 717.249.828,8330	-581.611.842,8

LAMPIRAN 6 (Lanjutan)

C. Kendala atau batasan ketiga yang divalidasi adalah:

$q_k + r_k \geq \hat{d}_k \text{ ,} \forall k$

k	q_k	r_k	$\hat{d}_k$
0	13646,667	0,00017927	13646,667
1	13646,667	0,00019644	13646,667
2	13646,667	0,00021654	13646,667
3	13646,667	0,00024415	13646,667
4	13646,667	0,00027777	13646,667
5	13646,667	0,00032548	13646,667
6	13646,667	0,00038757	13646,667
7	13646,667	0,00005126	13646,667
8	13646,667	0,00073815	13646,667
9	13646,667	0,0011421	13646,667
10	13646,667	0,0022642	13646,667
11	13646,667	0,002350	13646,667

LAMPIRAN 6 (Lanjutan)

D. Kendala atau batasan keempat yang divalidasi adalah:

$u_k \leq d, \quad \forall k$

k	u_k	d
0	25000	25.000
1	25000	25.000
2	25000	25.000
3	25000	25.000
4	25000	25.000
5	25000	25.000
6	25000	25.000
7	25000	25.000
8	25000	25.000
9	25000	25.000
10	25000	25.000
11	25000	25.000

LAMPIRAN 6 (Lanjutan)

E. Kendala atau batasan kelima yang divalidasi adalah:

$$x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k \leq G$$

k	$x_0 + \sum_{k=0}^{T-1}(u_k - \bar{d}_k) + q_k\Gamma_k + \sum_{k=0}^{T-1} r_k$	G
0	78871,319	100.000
1	78871,319	100.000
2	78871,319	100.000
3	78871,319	100.000
4	78871,319	100.000
5	78871,319	100.000
6	78871,319	100.000
7	78871,319	100.000
8	78871,319	100.000
9	78871,319	100.000
10	78871,319	100.000
11	86870,626	100.000

BIODATA PENULIS

Nama lengkap penulis yaitu Ba’tsa Aulia Qurrota A’yun yang biasa dipanggil Ba’tsa, lahir di Surabaya, 10 Maret 1995. Pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu TK Pembangunan Surabaya pada tahun 1999-2001, SD Muhammadiyah 25 Surabaya pada tahun 2001-2007, SMP Negeri 15 Surabaya pada tahun 2007-2010, SMA Negeri 4 Surabaya pada tahun 2010-2013. Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan S1 di Departemen Matematika Institut Sepuluh Nopember dengan bidang minat Riset Operasi dan Pengolahan Data (ROPD). Selama di bangku kuliah, penulis aktif di organisasi dalam kampus yaitu HIMATIKA ITS. Pada tahun 2014-2015 penulis menjadi staff Departemen Hubungan Luar (HUBLU) HIMATIKA ITS. Pada tahun 2015-2016 penulis menjadi sekretaris Departemen External Affair (EXA) HIMATIKA ITS. Selain aktif dalam berorganisasi, penulis juga aktif dalam beberapa acara kepanitiaan, seperti menjadi OC Padamu HIMATIKA ITS pada tahun 2014, sie. Konsumsi dan penanggung jawab regional Bogor pada acara OMITS HIMATIKA ITS tahun 2015 dan menjadi sie Konsumsi dalam OMITS HIMATIKA tahun 2016. Demikian biodata penulis. Jika ingin memberi kritik, saran, dan diskusi mengenai Tugas Akhir ini, dapat dikirimkan melalui email batsa.aulia@gmail.com. Terima kasih.